

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-105912

(43)Date of publication of application : 11.04.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

G11B 5/02

(21)Application number : 11-248570

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM>

(22)Date of filing : 02.09.1999

(72)Inventor : HARDAYAL SIN GILL
DOUGLAS JOHNSON WARNER

(30)Priority

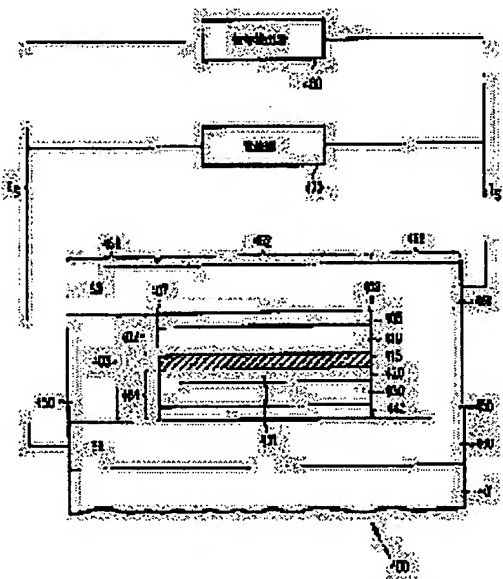
Priority number : 98 149900 Priority date : 08.09.1998 Priority country : US

(54) MAGNETIC TUNNEL JOINING SENSOR AND DISK DRIVING SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic tunnel joining (MTJ) device having an antiferromagnetic (AFM) layer and used as a magnetic sensor in a magnetic disk drive or a memory cell in a magnetic random access array.

SOLUTION: Magnetic tunnel joining in a sensor 400 includes the stacked formation layer of MTJ sensor stripes 403 formed on a first shield 460. This layer is composed of an AFM layer 430, a pin retaining ferromagnetic layer 420 exchange-biased with the AFM layer so as to prevent the rotation of magnetic moment under an applied magnetic field, a free ferromagnetic layer 410 having magnetic moment rotatable under the applied magnetic field, and an insulating tunnel barrier layer 415 disposed between the pin retaining layer and the free layer. The MTJ sensor stripe is formed by a parallel side edge part, and the front and rear edge parts of an air bearing surface ABS. The pin retaining layer is extended from the ABS to the tip of the rear edge part of the AFM layer, and brought into contact with the first shield, and a path is provided for passing a detected current to the tunnel joined layer by bypassing the electric insulating AFM layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3233396

[Date of registration] 21.09.2001

[Number of appeal against examiner's decision of

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A magnetic tunnel junction (MTJ) sensor characterized by providing the following A substrate The 1st shield (S1) of a ferromagnetic material formed on a substrate The two side edge sections which are formed on said 1st shield, have a rectangle configuration generally, and counter, It has the trailing-edge section and the first transition section.

Namely, an antiferromagnetism (AFM) layer of an electric insulation antiferromagnetism material, A magnetic tunnel junction (MTJ) sensor stripe containing a pinning layer of a ferromagnetic material which contacts said AFM layer and contacts said 1st shield electrically, a free layer of a ferromagnetic material, and a tunnel junction layer of an electrical insulation material arranged between said pinning layers and said free layers An insulating layer which is formed on said MTJ sensor stripe, is formed in the point of the trailing-edge section of the side in which said MTJ sensor stripe on the 2nd shield (S2) of a ferromagnetic material in contact with it and the 1st shield counters, and said MTJ sensor stripe on said pinning layer, and separates said the 1st shield and said pinning layer from said 2nd shield

[Claim 2] A MTJ sensor according to claim 1 by which said AFM layer is manufactured from NiO.

[Claim 3] A MTJ sensor according to claim 1 by which said insulating layer is manufactured from aluminum 2O3.

[Claim 4] A MTJ sensor according to claim 1 by which said 1st shield is manufactured from nickel-Fe.

[Claim 5] A MTJ sensor according to claim 1 by which said 2nd shield is manufactured from nickel-Fe.

[Claim 6] A signal detector, a current source which supplies detection current, and the 1st electrical connection which connects said 1st shield to a current source and a signal detector, It has further the 2nd electrical connection which connects said 2nd shield to a current source and a signal detector. An electric lead which detects electric resistance over detection current to which said 1st and 2nd shields flow the inside of a tunnel barrier layer and a free layer perpendicularly is offered. A MTJ sensor according to claim 1 which has it barred that a flow of said detection current carries out splitting to the surroundings of said MTJ sensor stripe by said insulating layer.

[Claim 7] A MTJ sensor according to claim 1 by which said AFM layer is manufactured from alpha-Fe 2O3/NiO.

[Claim 8] A magnetic tunnel junction (MTJ) sensor which detects data magnetically recorded on a magnetic-recording disk characterized by providing the following, and said magnetic-recording disk A substrate The 1st shield (S1) of a ferromagnetic material formed on a substrate The two side edge sections which are formed on said 1st shield, have a rectangular configuration generally, and counter, It has the trailing-edge section and the first transition section. Namely, an antiferromagnetism (AFM) layer of an electric insulation antiferromagnetism material, A magnetic tunnel junction (MTJ) sensor stripe containing a pinning layer of a ferromagnetic material which contacts said AFM layer and contacts said 1st shield electrically, a free layer of a ferromagnetic material, and a tunnel junction layer of an electrical insulation material arranged between said pinning layers and said free layers An insulating layer which is formed on said MTJ sensor stripe, is formed in the point of the trailing-edge section of the side in which said MTJ sensor stripe on the 2nd shield (S2) of a ferromagnetic material in contact with it and the 1st shield counters, and said MTJ sensor stripe on said pinning layer, and separates said the 1st shield and said pinning layer from said 2nd shield

[Claim 9] A disk drive system according to claim 8 by which said AFM layer is manufactured from NiO.

[Claim 10] A disk drive system according to claim 8 by which said insulating layer is manufactured from aluminum 2O3.

[Claim 11] A disk drive system according to claim 8 by which said 1st shield is manufactured from nickel-Fe.

[Claim 12] A disk drive system according to claim 8 by which said 2nd shield is manufactured from nickel-Fe.

[Claim 13] A signal detector, a current source which supplies detection current, and the 1st electrical connection which connects said 1st shield to a current source and a signal detector, It has further the 2nd electrical connection which connects said 2nd shield to a current source and a signal detector. An electric lead which detects electric resistance over detection current to which said 1st and 2nd shields flow the inside of a tunnel barrier layer and a free layer perpendicularly is offered. A disk drive system according to claim 8 which has it barred that a flow of said detection

current carries out splitting to the surroundings of said MTJ sensor stripe by said insulating layer.

[Claim 14] A disk drive system according to claim 8 by which said AFM layer is manufactured from alpha-Fe₂O₃/NiO.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the magnetic storage system which built into details the magnetic tunnel junction sensor and such a sensor which have an electric insulation antiferromagnetism layer about the magnetic tunnel junction converter for generally reading an information signal in a magnetic medium.

[0002]

[Description of the Prior Art] The computer contains the auxiliary storage unit which has data medium which can read data in many cases, in order to be able to write in data and to use it later. The rotating magnetic disk is incorporated and, generally the direct access storage device (disk drive) which memorizes data in a magnetic form on the disk surface is used. Data is recorded on this cardiac truck estranged to radial [on the disk surface]. In that case, the magnetic head containing a read sensor is used and data is read in the truck on the disk surface.

[0003] In the mass disk drive, since the magnetic-reluctance (MR) read sensor generally called MR sensor can read data in the surface of a disk with larger track density and linear density than a thin film induction arm head, it is a mainstream read sensor. MR sensor detects a magnetic field by change of the resistance of MR detection layer (called "MR element" and "MR element") according to the reinforcement and the direction of magnetic flux which were detected by MR layer.

[0004] The conventional MR sensor operates based on the anisotropy magnetic-reluctance (AMR) effect that resistance of MR element changes according to the square of the cosine of the angle between magnetization of MR element, and the direction of the sense current which flows the inside of MR element. The recorded data can be read in a magnetic medium. This is for the direction of magnetization of MR element to change with the external magnetic fields (signal magnetic field) from the recorded magnetic medium, for resistance of MR element to change as a result, and for the current or voltage detected according to it to change.

[0005] MR sensor of other types is a huge magnetic-reluctance (GMR) sensor in which the GMR effect is shown. By the GMR sensor, resistance of MR detection layer changes according to spin dependency migration of the conduction electron between the magnetic layers separated by the non-magnetic layer (spacer), and spin dependency dispersion which takes place the boundary of a magnetic layer and a non-magnetic layer, and inside a magnetic layer along with it.

[0006] The GMR sensor which used only two layers of the ferromagnetic material (for example, nickel-Fe) separated by the layer of a non-magnetic material (for example, copper) is called SV sensor in which the spin bulb (SV) effect is generally shown.

[0007] The SV sensor 100 of the conventional technology including the edge fields 104 and 106 divided into drawing 1 by the central field 102 is shown. Generally magnetization of the 1st ferromagnetic layer called the pinning layer 120 is fixed by switched connection with the antiferromagnetism (AFM) layer 125 (pinning). It cannot be fixed, but magnetization of the 2nd ferromagnetic layer called the free layer 110 can answer a magnetic field (signal magnetic field) from the recorded magnetic medium, and can be rotated freely. The free layer 110 is separated from the pinning layer 120 by nonmagnetic and the electric conduction spacer layer 115. The hard bias layers 130 and 135 formed into the edge field 104 and 106, respectively provide the free layer 110 with lengthwise direction bias. The lead wire 140 and 145 formed on the hard bias layer 130 and 135, respectively offers the electrical connection which detects resistance of the SV sensor 100. The GMR sensor which operates based on the SV effect is indicated by U.S. Pat. No. 5206590 of IBM given to Dini (Dieny) who becomes a part of this invention by reference.

[0008] The magnetic device of other types under current development is a magnetic tunnel junction (MTJ) device. A MTJ device is applicable as a memory cell and a magnetic field sensor. The MTJ device contains two ferromagnetic layers separated by the thin electric insulation tunnel barrier layer. A tunnel barrier layer is so thin that the quantum-

mechanical tunnel effect of a charge carrier happens between ferromagnetic layers enough. A tunnel effect process is an electron spin dependency, and, as for this, the tunnel effect current on cementation means changing with the relative orientation of the magnetic moment of two ferromagnetic layers, or the directions of magnetization depending on the spin dependency electronic property of a ferromagnetic material. By the MTJ sensor, the magnetic moment of one ferromagnetic layer is fixed, and the magnetic moment of the ferromagnetic layer of another side can answer an external magnetic field (signal magnetic field) from a record medium, and can be rotated freely. When potential is applied between two ferromagnetic layers, resistance of a sensor changes with the tunnel effect current on the insulating layer between the ferromagnetic layer. Since the tunnel effect current which flows perpendicularly depends for the inside of a tunnel barrier layer in the relative magnetization direction of two ferromagnetic layers, the recorded data can be read in a magnetic medium. This is for the direction of magnetization of a free layer to change with signal magnetic fields, for resistance of a MTJ sensor to change as a result, and for the current or voltage detected according to it to change. The MTJ sensor which operates based on the magnetic tunnel junction effect is indicated by U.S. Pat. No. 5650958 of IBM given to Gallager (Gallagher) from whom the whole becomes a part of this invention by reference.

[0009] The conventional MTJ sensor 200 which contains the 1st electrode 204, 2nd electrode 202, and tunnel barrier layer 215 in drawing 2 is shown. The 1st electrode 204 contains the pinning layer (pinning ferromagnetism layer) 220, the antiferromagnetism (AFM) layer 230, and the seed layer 240. Magnetization of the pinning layer 220 is fixed by switched connection with the AFM layer 230. The 2nd electrode 202 contains the free layer (free ferromagnetism layer) 210 and the cap layer 205. The free layer 210 is separated from the pinning layer 220 by the nonmagnetic electric insulation tunnel barrier layer 215. When there is no external magnetic field, magnetization of the free layer 210 has turned to the direction shown by the arrow head 212, namely, is right-angled to the magnetization direction of the pinning layer 220 generally shown by the arrow head 222 (the tail of an arrow head points out space). The 1st lead wire 260 and 2nd lead wire 265 which contacted the 1st electrode 204 and the 2nd electrode 202, and were formed, respectively give electrical connection for detection current I_s to flow from a current source 270 to the MTJ sensor 200. The signal detector 280 which generally contains record channels, such as a partial response maximum ** (PRML) channel connected to the 1st lead wire 260 and 2nd lead wire 265, detects change of resistance resulting from change produced in the free layer 210 by the external magnetic field.

[0010] A right-angled cross section is shown in drawing 3 to the air bearing side of the MTJ sensor 200 of the conventional technology. The MTJ sensor 200 is prolonged to the trailing-edge section 292 which the sensor strip 290 is included, and the sensor stripe 290 has the first transition section 291 at the place of ABS, and was demarcated by the trailing-edge section of the tunnel barrier layer 215 from ABS. Lead wire 260 and 265 offers electrical connection for detection current I_s to flow in the right-angled direction to the tunnel barrier layer 215. The electric insulation layer 250 prevents detection current carrying out splitting to the surroundings of the tunnel barrier layer of the trailing-edge section 292 of the sensor stripe 290.

[0011] By the MTJ sensor, since detection current flows in the right-angled direction to a tunnel barrier layer, high electrical conductivity is moderately needed about all the layers arranged between lead-wire layers except for a tunnel barrier layer. One of the layers of these is an AFM layer used since the magnetization direction of a ferromagnetic pinning layer is fixed. Mn-Fe is an antiferromagnetism magnet which has the good electrical conductivity currently used by the former MTJ sensor. However, the corrosion resistance of Mn-Fe which is the concerns in a manufacturing process is inadequate, and in order to obtain the long-term stability of a MTJ sensor in disk drive environment, it is not desirable. Although the alternative AFM materials which have high corrosion resistance are NiO and a $2O_3/NiO$ double layer of alpha-Fe, these AFM materials do not give the path for flowing in the right-angled direction to the tunnel barrier layer in which it is electric insulation, therefore detection current has the usual MTJ sensor structure between lead wire.

[0012] The method of manufacturing the structure of the MTJ sensor which can use electric insulation AFM materials, such as NiO which has high corrosion resistance, and alpha-Fe $2O_3/NiO$, and the MTJ sensor which has this structure is required for the pinning layer used since magnetization of a pinning layer is fixed.

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] A one division target of this invention is indicating the magnetic-reluctance tunnel junction (MTJ) sensor which has an electric insulation AFM layer.

[0014] Other purposes of this invention are indicating the MTJ sensor which has the AFM layer manufactured from NiO.

[0015] Other purposes of this invention are indicating the MTJ sensor which has the pinning layer structure which contacts electrically magnetic shielding which uses an electric insulation AFM layer and also carries out the duty of an electric lead.

[0016]

[Means for Solving the Problem] According to the principle of this invention, a MTJ sensor containing a MTJ sensor stripe which has a rectangular configuration generally, and the two side edge sections which counter, i.e., the trailing-edge section on the surface of ABS, and the first transition section is indicated. A sensor stripe contains a stack of a layer containing an AFM layer of NiO and an anti-insulation ferromagnetism material. A ferromagnetic pinning layer made to adhere on an AFM layer contacts electrically the 1st ferromagnetic shield behind the trailing-edge section (edge which counters the first transition section of a stripe of an air bearing side) of a MTJ sensor stripe, and gives a path for detection current to bypass an electric insulation AFM layer. In that case, detection current crosses a tunnel barrier layer and a free layer of a MTJ sensor stripe from a pinning layer, and even the 2nd ferromagnetic shield which carries out a duty of the 2nd electric lead of a MTJ sensor flows.

[0017] A MTJ sensor contains a seed layer, an AFM layer, a pinning ferromagnetism layer, a tunnel barrier layer, a free ferromagnetism layer, and a cap layer made to adhere one by one on the 1st shield. after making a seed layer and an AFM layer adhere, it demarcates by photolithography so that it may have the AFM trailing-edge section to which the trailing-edge section of a sensor stripe extends an AFM layer previously. A pinning ferromagnetism layer is made to adhere on the 1st shield which contacts electrically the 1st shield on an AFM layer and the AMF trailing-edge section. Subsequently, a tunnel barrier layer, a free layer, and a cap layer are made to adhere one by one, by photolithography, pattern formation is carried out and a MTJ sensor stripe is formed. Subsequently, an electric insulation layer is made to adhere on the whole MTJ sensor field. Subsequently, a photoresist which has covered a MTJ sensor stripe is removed and the 2nd shield of a ferromagnetic material which contacts the 2nd electrode of a MTJ sensor stripe electrically is made to adhere on a MTJ sensor.

[0018] With MTJ sensor structure of this invention, the 1st and 2nd ferromagnetic shield layers offer an electric lead for performing magnetic shielding from stray magnetic field as known for this technical field, and supplying detection current to the 1st and 2nd electrodes of a MTJ stack, respectively. Since an AFM layer used with this operation gestalt is electric insulation, when the 1st shield and pinning layer contact directly at the point of the trailing-edge section of a sensor stripe, a detection current path to the 1st electrode of a MTJ sensor is given. An electric insulation layer of a material of an edge field of a MTJ sensor and the trailing-edge section of a sensor stripe prevents a flow of detection current carrying out splitting to the surroundings of a tunnel barrier layer between the 1st shield and the 2nd shield.

[0019] In the following drawings, the same reference number shows all the same or similar components.

[0020]

[Embodiment of the Invention] The following explanation is the best operation gestalten considered now for carrying out this invention. This explanation does not limit the concept of this invention which carries out for accumulating and carries out a patent claim on these specifications explaining the general principle of this invention.

[0021] Next, reference of drawing 4 and drawing 5 shows the disk drive 300 which carries out this invention. As shown in drawing 4 and drawing 5, at least one pivotable magnetic disk 312 is supported on a spindle 314, and rotates by the disk drive motor 318. Magnetic-recording data medium on each disk has the form of the annular pattern of this cardiac data track on a disk 312 (not shown).

[0022] At least one slider 313 is located on a disk 312, and is supporting the magnetic read / write head 321 of one or more [slider / 313 / each]. The arm head 321 has incorporated the MTJ sensor of this invention. If a disk rotates, a slider 313 can move to the radial inside and an outside on the disk surface 322, and, thereby, can access an arm head 321 at the portion from which the disk with which desired data is recorded differs. Each slider 313 is attached in an actuator arm 319 by the suspension 315. A suspension 315 gives few spring force which carries out bias of the slider 313 to the disk surface 322. Each actuator arm 319 is attached in an actuator 327. The actuator shown in drawing 4 and drawing 5 also has the thing of a voice coil motor (VCM). VCM contains the coil which can move in the magnetic field of immobilization, and the direction and speed of a motion of a coil are controlled by the motor current signal supplied by the controller 329.

[0023] Air bearing arises by working [of a disk memory system], and rotation of a disk 312 between the disk surfaces 322 which apply the upward force or lift to a slider 313 (the surface of the slider 313 which counters the surface of a disk 312, including an arm head 321 is called an air bearing side (ABS)), and a slider. Therefore, air bearing supports few spring force of a suspension 315 to phase murder, and supports a slider 313 up slightly from the disk surface at a fixed gap on small parenchyma in normal operation.

[0024] Various components of a disk memory system are controlled by control signals generated by the control unit 329, such as an access-control signal and an internal clock signal, working. Generally, the control unit 329 contains the logic-control circuit, the storage chip, and the microprocessor. A control unit 329 generates the control signal for controlling various system behavior, such as a drive-motor control signal on a line 323, and a head position signal on a line 328, a seeking control signal. The control signal on a line 328 gives the current profile of the request for moving a

slider 313 to the data track of the request on a disk 312 the optimal, and positioning it. Read and a write-in signal are transmitted between read / write head 321 by the record channel 325.

[0025] Drawing 4 and drawing 5 of the typical above-mentioned explanation of a magnetic-disk storage system and attachment are only a thing for presentation. A disk memory system can contain many disks and actuators, and, probably, it will be clear that each actuator's some sliders can be supported.

[0026] The outline cross section of the read / write head 321 which carries out this invention which includes a MTJ read head location and an induction write head location in drawing 5 is shown. The lap of the arm head 321 is carried out, and it forms ABS. The read head contains the MTJ sensor 340 arranged between the 1st shield layer S1 and the 2nd shield layer S2. The insulating gap layer G1 is arranged in the field distant from the MTJ sensor between the 1st shield layer S1 and the 2nd shield layer S2. The write head contains the coil layer C and the insulating layer IN2, the coil layer C and the insulating layer IN2 are arranged between the insulating layer IN1 and the insulating layer IN3, and the insulating layer IN1 and the insulating layer IN3 are arranged between the 1st pole piece P1 and the 2nd pole piece P2. Between the 1st pole piece P1 and the 2nd pole piece P2, the gap layer G2 which gives a gap write-in [magnetic] to the place of those pole points that adjoined ABS is arranged. The joint read / write head 321 shown in drawing 5 are "merge (merged)" arm heads for which the 2nd shield layer S2 of the read head is used as the 1st pole piece P1 for the write heads.

[0027] Drawing of the air bearing side (ABS) of the MTJ sensor 400 by the desirable operation gestalt of this invention is shown in drawing 6. The MTJ sensor 400 includes the edge fields 464 and 466 mutually separated by the central field 462. The active region of the MTJ sensor 400 is the MTJ sensor stripe 403 formed in the central field 462. the MTJ sensor stripe 403 has the two side edge sections 407 and 408 which counter, and the trailing-edge section (not shown) which counters the first transition section 491 of ABS -- it has a rectangle configuration generally. The MTJ sensor stripe 403 contains the tunnel barrier layer 415 arranged between the 1st electrode 404, the 2nd electrode 402 and the 1st electrode 404, and the 2nd electrode 402. The 1st electrode 404 contains the pinning layer 420, the AFM layer 430, and the seed layer 440, the pinning layer 420 is arranged between the tunnel barrier layer 415 and the AFM layer 430, and the AFM layer 430 is arranged between the pinning layer 420 and the seed layer 440. The 2nd electrode 402 contains the free layer 410 and the cap layer 405, and the free layer 410 is arranged between the tunnel barrier layer 415 and the cap layer 405.

[0028] Switched connection of the AFM layer 430 is carried out to the pinning layer 420, and it gives the exchange magnetic field which fixes the magnetization direction of the right-angled pinning layer 420 to ABS. Orientation of the magnetization of the free layer 410 is carried out in parallel to ABS, and when a signal magnetic field exists, it can be rotated freely.

[0029] With the desirable operation gestalt of this invention, the MTJ sensor stripe 403 is formed in the central field 462 on the 1st shield (S1) 460. The 1st shield 460 is the layer of soft ferromagnetism materials, such as nickel-Fe (permalloy) or aluminum-Fe-Si (Sendust), is prolonged on the central field 462, the edge field 464, and 466, and carries out magnetic shielding of the MTJ sensor from stray magnetic field. The inside of the edge field 464 and 466, and behind the trailing-edge section of the MTJ sensor stripe 403, the insulating layer 450 of electrical insulation materials, such as aluminum 2O3, is formed. In the central field 462 on 464 in the edge field on an insulating layer 450, 466, and the MTJ sensor stripe 403, the 2nd shield (S2) 461 of soft ferromagnetism materials, such as nickel-Fe or aluminum-Fe-Si, is formed.

[0030] The cross section of the right-angled MTJ sensor 400 is shown in drawing 7 to ABS. The MTJ sensor stripe 403 has the first transition section 491 at the place of ABS, and the first transition section 491 is prolonged to the trailing-edge section 492 demarcated by the trailing-edge section of the tunnel barrier layer 415 from ABS. Since the AFM layer in the MTJ sensor of this invention is formed from an electrical insulation material, it is necessary to give the path for detection current bypassing the AFM layer 430 and flowing in the right-angled direction to the tunnel barrier layer 415. A path for detection current to flow carries out pattern formation of the AFM layer 430, leaves and demarcates the AFM trailing-edge section 494 from ABS to remarkable rather than the trailing-edge section 492 of a MTJ sensor stripe, and is formed by separating and subsequently to the AFM layer 430 and exposed region top of the 1st shield 460, making the ferromagnetic pinning layer 420 adhere from ABS further rather than the AFM trailing-edge section 494. Although the AFM trailing-edge section 494 can carry out pattern formation so that it may enter within limits which separated 10-50 micrometers from ABS, only about 0.5 micrometers of MTJ sensor stripe trailing-edge sections 492 are not separated from ABS. This structure gives a path for detection current Is to go into the plane of the pinning layer 420 from the 1st shield 460, flow along with it, cross the tunnel barrier layer 415 and the free layer 410, and even for the 2nd shield 461 flow. The insulating layer 450 made to adhere to the point of the MTJ sensor stripe trailing-edge section 492 on the pinning layer 420 prevents carrying out electric insulation of the 1st shield 460 and 2nd shield 461, and detection

current carrying out splitting to the surroundings of the MTJ sensor stripe 403. Since detection current flows the inside of the plane of the pinning layer 420, if the magnetic field is used, the stable magnetic condition in the free layer 410 can be attained.

[0031] If drawing 6 is referred to again, the 1st shield 460 and 2nd shield 461 will give electrical connection for detection current I_s to flow from a current source 470 even to the MTJ sensor stripe 403. The signal detector 480 electrically connected to shields 460 and 461 detects change of resistance resulting from change produced in the free layer 410 by the external magnetic field (for example, magnetic field produced by the data bit memorized on the disk). An external magnetic field serves to rotate the magnetization direction of the free layer 410 to the magnetization direction of the pinning layer 420 preferably fixed to the right angle to ABS. As for a signal detector 480, it is desirable that the record channel of other types good [digital storage channels, such as a partial response maximum ** (PRML) channel known by this contractor, and / a peak detection channel or the maximum ** channel] and known is included. The signal detector 480 includes other support circuits, such as a preamplifier (electrically arranged between a sensor and a channel) for adjusting detected resistance change which is known by this contractor again.

[0032] The MTJ sensor 400 can manufacture the multilayer structure shown in drawing 6 and drawing 7 by the magnetron sputtering or the ion beam sputtering system made to adhere one by one. The 1st shield (S1) 460 of nickel-Fe (permalloy) which has the thickness of about 5000-10000Å is made to adhere on a substrate 401. In order that the seed layer 440, the AFM layer 430, the pinning layer 420, the tunnel barrier layer 415, the free layer 410, and the cap layer 405 may carry out orientation of the stratification easy shafts of all the ferromagnetic layer, they are made to adhere one by one on the 1st shield 460 under existence of the lengthwise direction of about 40 Oe(s) or a longitudinal direction magnetic field. The seed layer 440 is a layer made to adhere in order to change the consecutive crystallographic texture or consecutive grain size number of a layer, and has that it is not required, either depending on the material of a consecutive layer. When using a seed layer, it can form from the tantalum (Ta) which has the thickness of about 30-50Å, a zirconium (Zr), ferronickel (nickel-Fe), or aluminum 2O₃. The AFM layer 430 formed from NiO which has the thickness of about 100-400Å is made to adhere on the seed layer 440 by carrying out the spatter of the nickel target under existence of the reactant gas containing oxygen. Pattern formation of the AFM layer 430 is carried out by demarcating the AFM trailing-edge section 494 by the photolithography. The ferromagnetic pinning layer 420 is made to adhere on the field of the 1st shield 460 exposed by the pattern formation of the AFM layer 430 top and the AFM trailing-edge section 494. The pinning layer 420 can be formed from the interface layer of Co which has the thickness of about 5Å made to adhere on the sub layer of nickel-Fe which can form from nickel-Fe which has the thickness of about 20-50Å, or has the thickness which is about 20-50Å, and a nickel-Fe sub layer. The tunnel barrier layer 415 is formed from aluminum 2O₃ by adhering and subsequently carrying out plasma oxidation of the 8-20Å aluminum (aluminum) layer on the pinning layer 420. The ferromagnetic free layer 410 can be formed from the sub layer of nickel-Fe which has the thickness of about 20-50Å made to adhere on the interface layer of Co which has the thickness of about 5Å which could form from nickel-Fe which has the thickness of about 20-50Å, or was made to adhere on the tunnel barrier layer 415, and Co interface layer. The cap layer 405 formed from Ta which has the thickness of about 50Å is made to adhere on the free layer 410. On the cap layer 405, a photoresist can be made to be able to adhere, the photolithography method and the ion milling method which this technical field is sufficient as and are learned can be used, and the trailing-edge section 492 and the central field 462 of the MTJ sensor stripe 403 can be demarcated.

[0033] An insulating layer 450 can be adhered in the edge field 464 in the field behind the MTJ stripe trailing-edge section 492 on the portion which the pinning layer 420 exposed here, and on the 1st shield (S1) 460, and 466. An insulating layer 450 is formed from aluminum 2O₃ by adhering and subsequently carrying out plasma oxidation of the aluminum (aluminum) layer which has thickness almost equal in the total thickness of a MTJ sensor barrier layer in the central field 462. Subsequently, the photoresist which protects the MTJ sensor stripe 403 is removed, and it is made to adhere on the MTJ sensor stripe 403 which exposed the 2nd shield 461 of nickel-Fe (permalloy) which has the thickness of about 5000-10000Å, and an insulating layer 450.

[0034] The 2nd shield 461 contacts the 2nd electrode 402 electrically. The free ferromagnetism layer 410 is separated from the 2nd shield 461 by the thin cap layer 405, in order to destroy the magnetic coupling of the free layer 410 and the 2nd shield 461.

[0035] Drawing of ABS of the MTJ sensor 500 by other operation gestalten of this invention is shown in drawing 8. The only difference with the operation gestalt shown in this operation gestalt, drawing 6, and drawing 7 is that the seed layer 440 and the AFM layer 430 are prolonged in the edge field 464 on the 1st shield (S1) 460, 466, and the central field 462. Since the AFM layer 430 is manufactured from electric insulation AFM materials, such as NiO, the edge field 464 and the AFM layer 430 in 466 insulate electrically the 1st shield (S1) 460 and 2nd shield (S2) 461, and prevent the electric short circuit of S1 and S2 with an insulating layer 450. The method of contacting the pinning layer 420

electrically to the 1st shield (S1) 460, in order to give the structure and the detection current path of the trailing-edge section of a MTJ sensor is the same as what is shown in drawing 7 about a desirable operation gestalt, or can be made into the structure and the method of electric contact which are shown in drawing 9.

[0036] The cross section of the right-angled MTJ sensor 510 is shown in drawing 9 to ABS by other operation gestalten of this invention. With this operation gestalt, on the 1st shield (S1), the seed layer 440 and the AFM layer 430 which were made to adhere on the 1st shield (S1) separate from ABS, and are prolonged. Since the AFM layer 430 is formed from the electrical insulation material, it is necessary to give the path for detection current I_s bypassing the AFM layer 430, and flowing in the right-angled direction to the tunnel barrier layer 415. A path for detection current to flow is created by forming a opening (Bahia) 496 into the AFM layer 430, before adhering the pinning layer 420 on the AFM layer 430. The method which this technical field is sufficient as and is learned is used for Bahia 496, and it is further left and formed from ABS rather than the MTJ sensor stripe trailing-edge section 492 in the field of the AFM layer 430. The pinning layer 420 is made to adhere on the field of the 1st shield (S1) 460 exposed by Bahia 496 on the AFM layer 430 and into the AFM layer 430. The pinning layer 420 gives the path for contacting the 1st shield (S1) 460 electrically through Bahia 496, and detection current I_s entering in the plane of a pinning layer from the 1st shield (S1) 460, flowing along with it, crossing the tunnel barrier layer 415 and the free layer 410, and resulting in the 2nd shield (S2) 461. The insulating layer 450 made to adhere to the point of the MTJ stripe trailing-edge section 492 on the pinning layer 420 insulates electrically the 1st shield (S1) 460 and 2nd shield (S2) 461, and prevents detection current carrying out splitting to the surroundings of the MTJ sensor stripe 403.

[0037] In order to manufacture the MTJ sensor 400 by this invention as an exception method, the AFM layer 430 can also be created from $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ / NiO double layer.

[0038] As a conclusion, the following matters are indicated about the configuration of this invention.

[0039] (1) A substrate and the 1st shield (S1) of the ferromagnetic material formed on the substrate, The two side edge sections which are formed on said 1st shield, have a rectangle configuration generally, and counter, It has the trailing-edge section and the first transition section. Namely, the antiferromagnetism (AFM) layer of an electric insulation antiferromagnetism material, The pinning layer of the ferromagnetic material which contacts said AFM layer and contacts said 1st shield electrically, The magnetic tunnel junction (MTJ) sensor stripe containing the free layer of a ferromagnetic material, and the tunnel junction layer of the electrical insulation material arranged between said pinning layers and said free layers, The 2nd shield (S2) of the ferromagnetic material which is formed on said MTJ sensor stripe and contacts it, The side in which said MTJ sensor stripe on the 1st shield counters, And a magnetic tunnel junction (MTJ) sensor equipped with the insulating layer which is formed in the point of the trailing-edge section of said MTJ sensor stripe on said pinning layer, and separates said the 1st shield and said pinning layer from said 2nd shield.

(2) A MTJ sensor given in the above (1) by which said AFM layer is manufactured from NiO.

(3) A MTJ sensor given in the above (1) by which said insulating layer is manufactured from aluminum 2O_3 .

(4) A MTJ sensor given in the above (1) by which said 1st shield is manufactured from nickel-Fe.

(5) A MTJ sensor given in the above (1) by which said 2nd shield is manufactured from nickel-Fe.

(6) A signal detector, the current source which supplies detection current, and the 1st electrical connection which connects said 1st shield to a current source and a signal detector, It has further the 2nd electrical connection which connects said 2nd shield to a current source and a signal detector. The electric lead which detects the electric resistance over the detection current to which said 1st and 2nd shields flow the inside of a tunnel barrier layer and a free layer perpendicularly is offered. A MTJ sensor given in the above (1) which has it barred that the flow of said detection current carries out splitting to the surroundings of said MTJ sensor stripe by said insulating layer.

(7) A MTJ sensor given in the above (1) by which said AFM layer is manufactured from $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{NiO}$.

It is the magnetic tunnel junction (MTJ) sensor which detects the data magnetically recorded on the magnetic-recording disk and said magnetic-recording disk. (8) A substrate, It is formed on the 1st shield (S1) of the ferromagnetic material formed on the substrate, and said 1st shield. Have a rectangular configuration generally and it has the two side edge sections which counter, i.e., the trailing-edge section, and the first transition section. The antiferromagnetism (AFM) layer of an electric insulation antiferromagnetism material and said AFM layer are contacted. The pinning layer of the ferromagnetic material which contacts said 1st shield electrically, the free layer of a ferromagnetic material, And the magnetic tunnel junction (MTJ) sensor stripe containing the tunnel junction layer of the electrical insulation material arranged between said pinning layers and said free layers, The 2nd shield (S2) of the ferromagnetic material which is formed on said MTJ sensor stripe and contacts it, The side in which said MTJ sensor stripe on the 1st shield counters, And the MTJ sensor containing the insulating layer which is formed in the point of the trailing-edge section of said MTJ sensor stripe on said pinning layer, and separates said the 1st shield and said pinning layer from said 2nd shield, The actuator to which said MTJ sensor is moved on a magnetic-recording disk so that the field to which the data with which

the MTJ sensor was magnetically recorded on the magnetic-recording disk differs can be accessed, A disk drive system equipped with the record channel which detects change of resistance of the MTJ sensor which was electrically combined with the MTJ sensor, answered the magnetic field from the data recorded magnetically, and was produced by rotation of the magnetization shaft of a free ferromagnetism layer over fixed magnetization of a pinning layer.

(9) A disk drive system given in the above (8) by which said AFM layer is manufactured from NiO.

(10) A disk drive system given in the above (8) by which said insulating layer is manufactured from aluminum 2O3.

(11) A disk drive system given in the above (8) by which said 1st shield is manufactured from nickel-Fe.

(12) A disk drive system given in the above (8) by which said 2nd shield is manufactured from nickel-Fe.

(13) A signal detector, the current source which supplies detection current, and the 1st electrical connection which connects said 1st shield to a current source and a signal detector, It has further the 2nd electrical connection which connects said 2nd shield to a current source and a signal detector. The electric lead which detects the electric resistance over the detection current to which said 1st and 2nd shields flow the inside of a tunnel barrier layer and a free layer perpendicularly is offered. A disk drive system given in the above (8) which has it barred that the flow of said detection current carries out splitting to the surroundings of said MTJ sensor stripe by said insulating layer.

(14) A disk drive system given in the above (8) by which said AFM layer is manufactured from alpha-Fe 2O3/NiO.

[Translation done.]

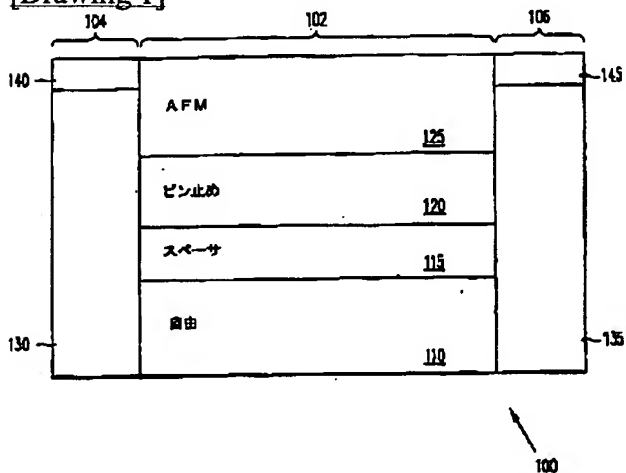
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

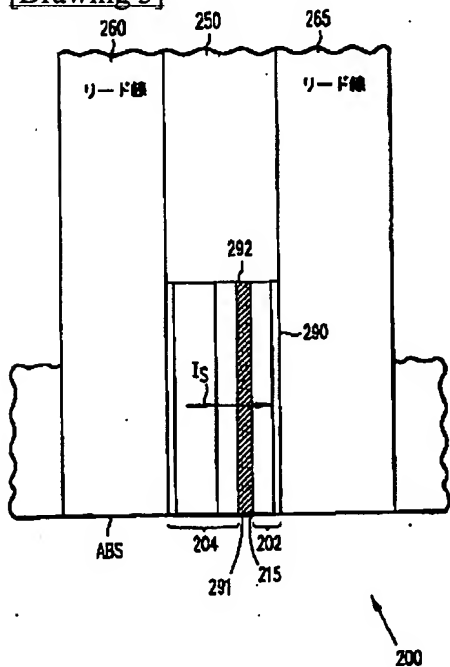
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

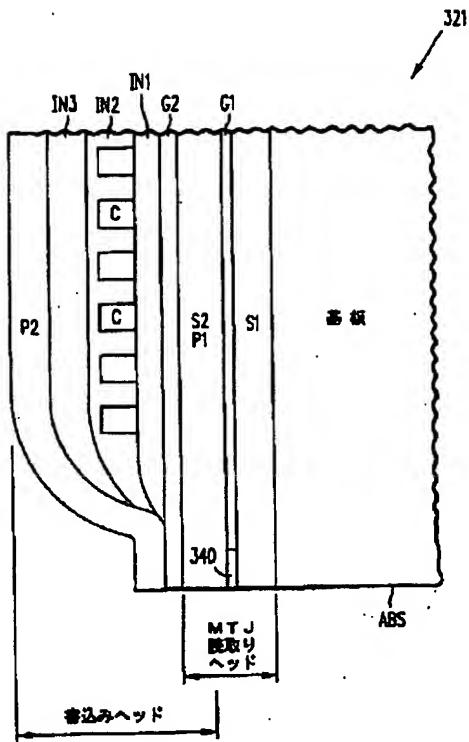
[Drawing 1]



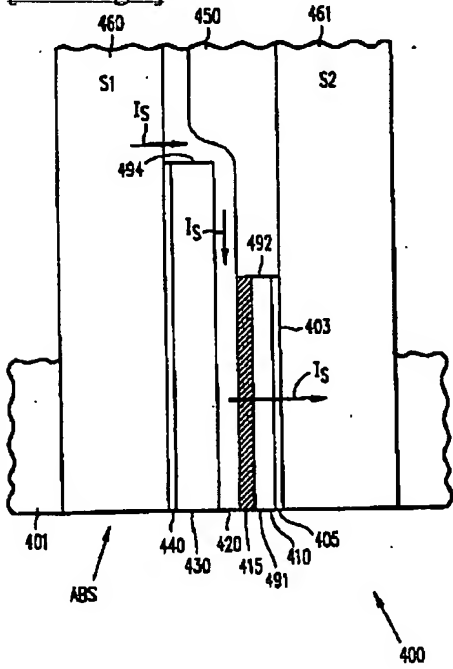
[Drawing 3]



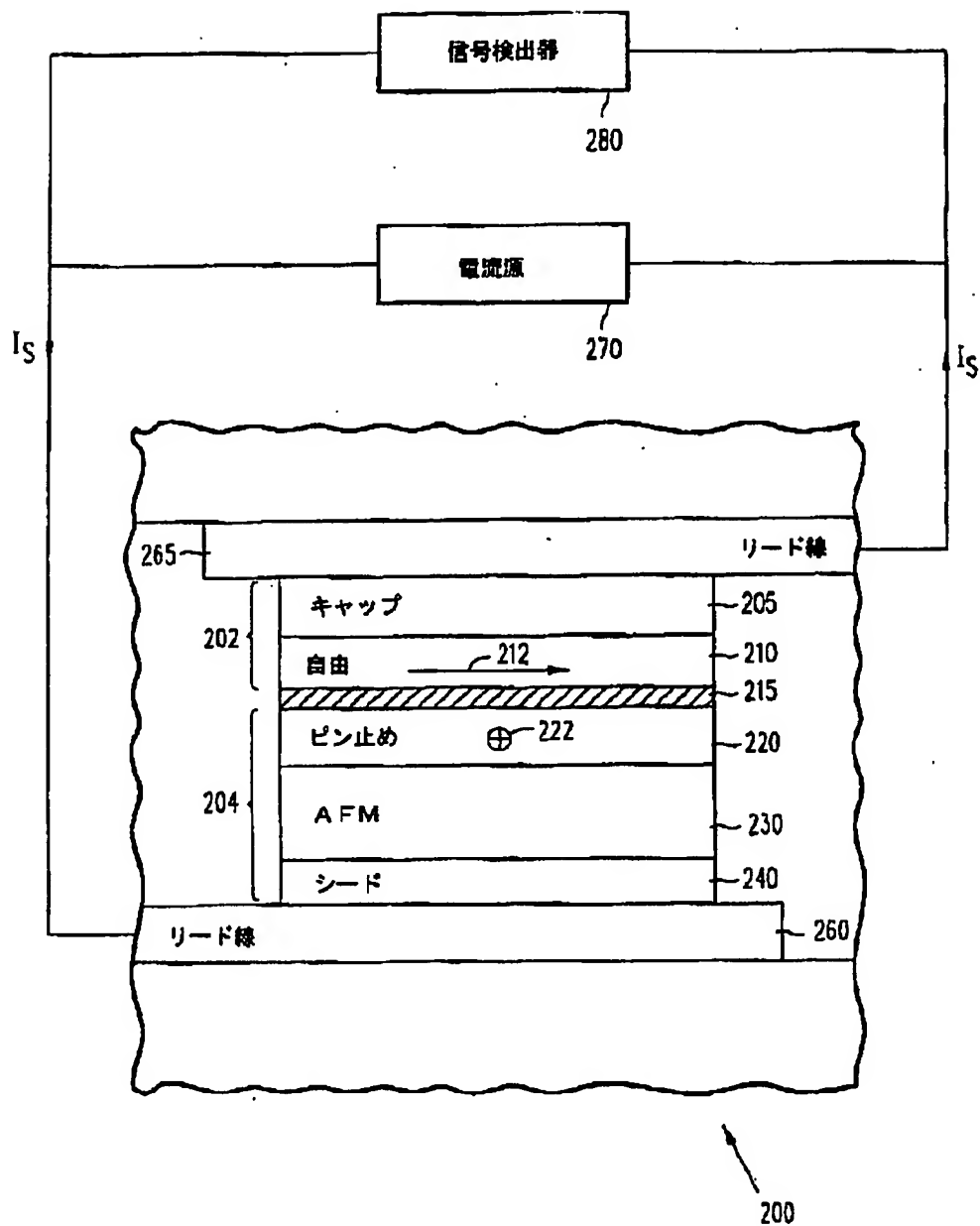
[Drawing 5]



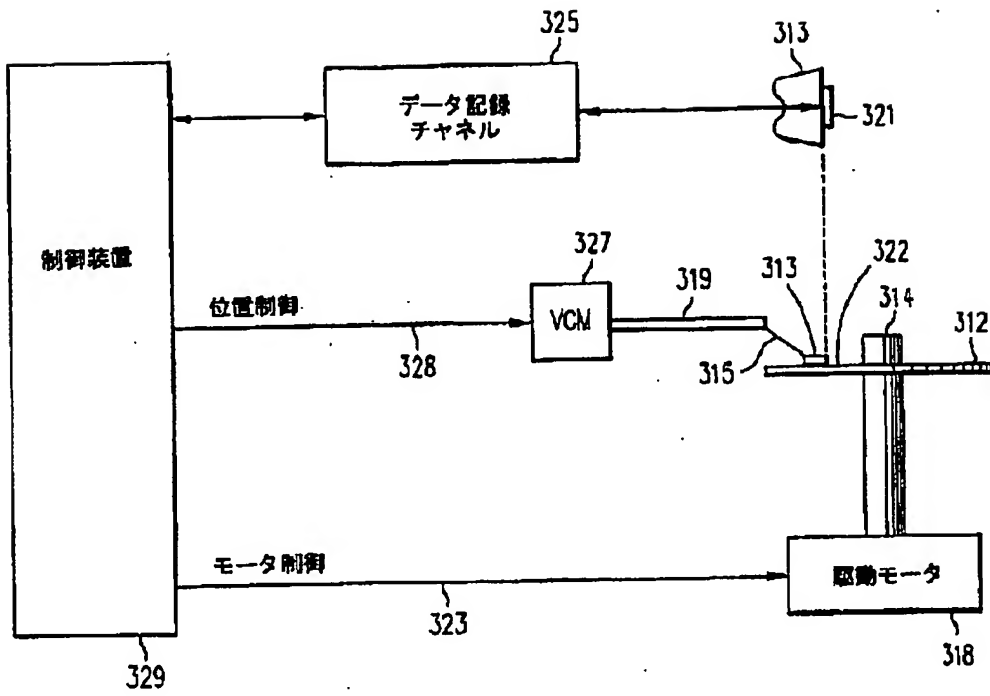
[Drawing 7]



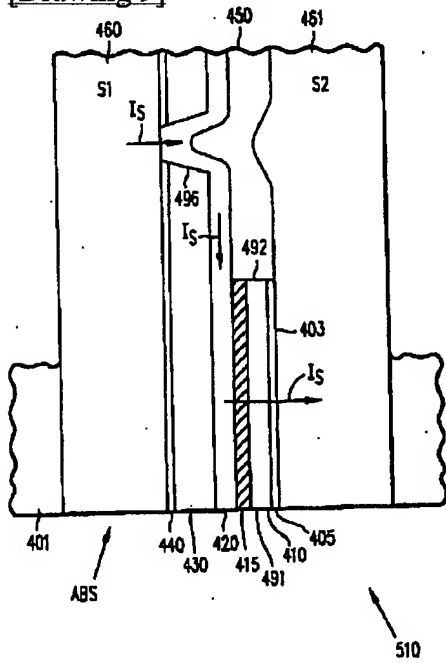
[Drawing 2]



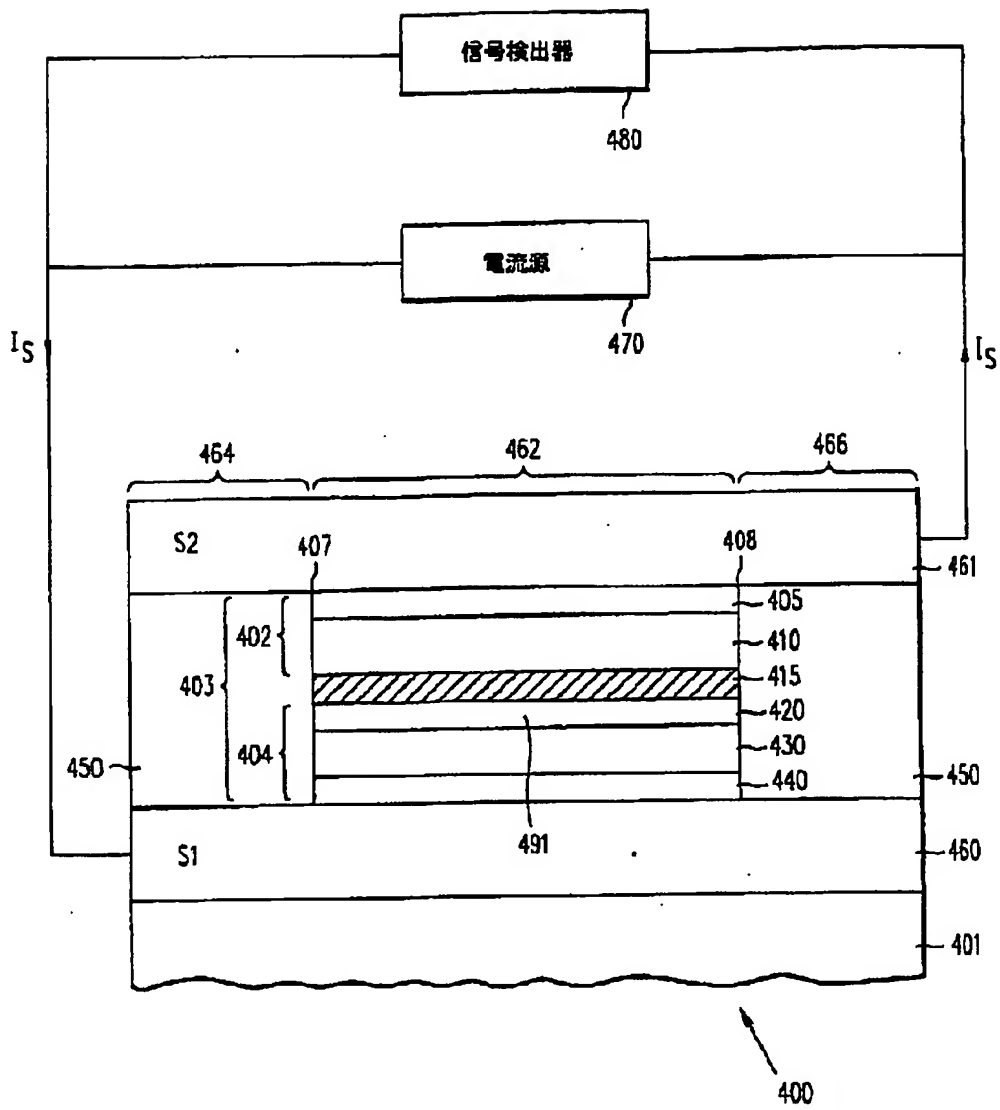
[Drawing 4]



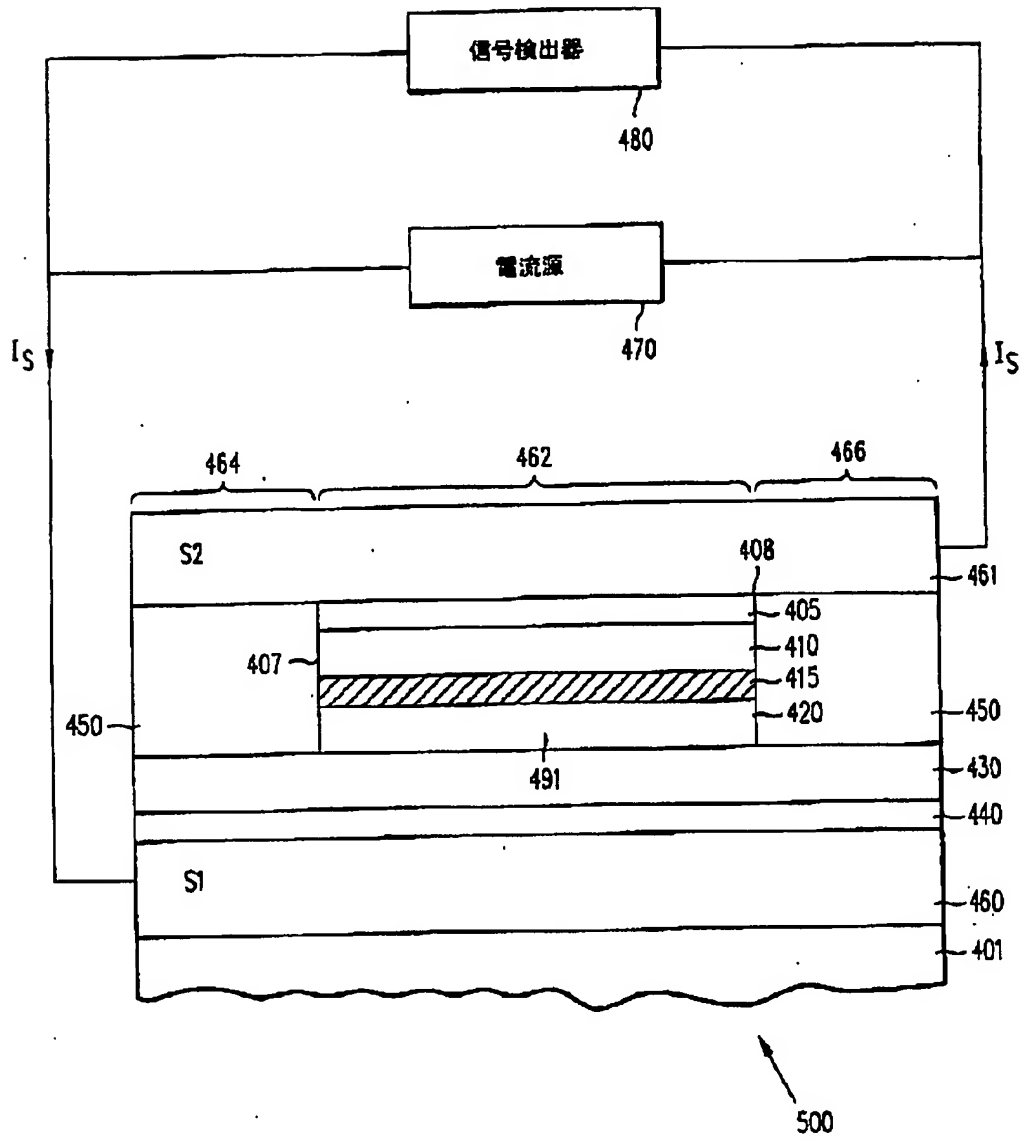
[Drawing 9]



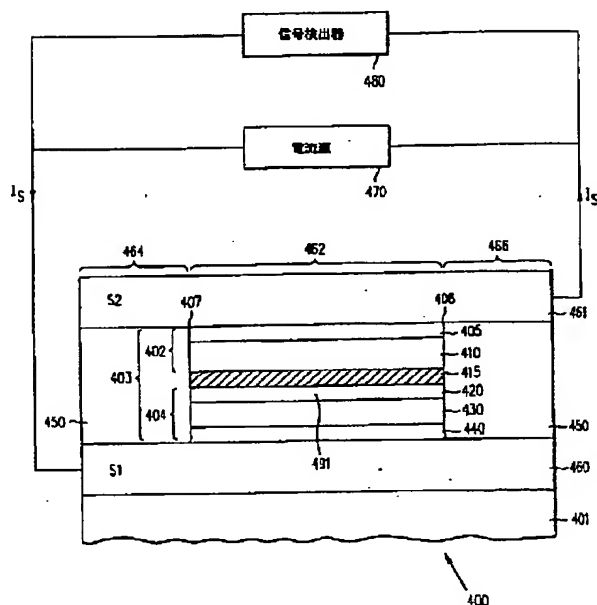
[Drawing 6]



[Drawing 8]



[Translation done.]



【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板と、

基板上に形成された強磁性材料の第 1 のシールド (S 1) と、

前記第 1 のシールド上に形成され、概して長方形形状を有し、対向する 2 つの側縁部、すなわち後縁部および前縁部を有し、電気絶縁反強磁性材料の反強磁性 (A F M) 層、前記 A F M 層と接触し、前記第 1 のシールドと電気接触する強磁性材料のピン止め層、強磁性材料の自由層、および前記ピン止め層と前記自由層の間に配置された電気絶縁材料のトンネル接合層を含む磁気トンネル接合 (M T J) センサ・ストライプと、
前記 M T J センサ・ストライプ上に形成され、それと接触する強磁性材料の第 2 のシールド (S 2) と、
第 1 のシールド上の前記 M T J センサ・ストライプの対向する側面、および前記ピン止め層上の前記 M T J センサ・ストライプの後縁部の先に形成され、前記第 1 のシールドおよび前記ピン止め層を前記第 2 のシールドから分離する絶縁層とを備える磁気トンネル接合 (M T J) センサ。

【請求項 2】前記 A F M 層が N i O から製造される、請求項 1 に記載の M T J センサ。

【請求項 3】前記絶縁層が A l₂O₃ から製造される、請求項 1 に記載の M T J センサ。

【請求項 4】前記第 1 のシールドが N i - F e から製造される、請求項 1 に記載の M T J センサ。

【請求項 5】前記第 2 のシールドが N i - F e から製造される、請求項 1 に記載の M T J センサ。

【請求項 6】信号検出器と、

検出電流を供給する電流源と、

前記第 1 のシールドを電流源および信号検出器に接続する第 1 の電気接続と、

前記第 2 のシールドを電流源および信号検出器に接続する第 2 の電気接続とをさらに備え、

前記第 1 および第 2 のシールドが、トンネル・バリア層中および自由層中を垂直方向に流れる検知電流に対する電気抵抗を検知する電気リード線を提供し、前記検知電流の流れが前記絶縁層によって前記 M T J センサ・ストライプのまわりに分流するのを妨げられる、請求項 1 に記載の M T J センサ。

【請求項 7】前記 A F M 層が α -F e₂O₃/N i O から製造される、請求項 1 に記載の M T J センサ。

【請求項 8】磁気記録ディスクと、

前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータを検知する磁気トンネル接合 (M T J) センサであって、
基板と、

基板上に形成された強磁性材料の第 1 のシールド (S 1) と、

前記第 1 のシールド上に形成され、概して長方形の形状を有し、対向する 2 つの側縁部、すなわち後縁部および

前縁部を有し、電気絶縁反強磁性材料の反強磁性 (A F M) 層、前記 A F M 層と接触し、前記第 1 のシールドと電気接触する強磁性材料のピン止め層、強磁性材料の自由層、および前記ピン止め層と前記自由層の間に配置された電気絶縁材料のトンネル接合層を含む磁気トンネル接合 (M T J) センサ・ストライプと、

前記 M T J センサ・ストライプ上に形成され、それと接触する強磁性材料の第 2 のシールド (S 2) と、

第 1 のシールド上の前記 M T J センサ・ストライプの対向する側面、および前記ピン止め層上の前記 M T J センサ・ストライプの後縁部の先に形成され、前記第 1 のシールドおよび前記ピン止め層を前記第 2 のシールドから分離する絶縁層とを含む M T J センサと、

M T J センサが磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータの異なる領域にアクセスできるように前記 M T J センサを磁気記録ディスク上で動かすアクチュエータと、

M T J センサに電氣的に結合され、磁気的に記録されたデータからの磁界に応答してピン止め層の固定磁化に対する自由強磁性層の磁化軸の回転によって生じた M T J センサの抵抗の変化を検出する記録チャンネルとを備えるディスク・ドライブ・システム。

【請求項 9】前記 A F M 層が N i O から製造される、請求項 8 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 10】前記絶縁層が A l₂O₃ から製造される、請求項 8 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 11】前記第 1 のシールドが N i - F e から製造される、請求項 8 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 12】前記第 2 のシールドが N i - F e から製造される、請求項 8 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 13】信号検出器と、

検出電流を供給する電流源と、

前記第 1 のシールドを電流源および信号検出器に接続する第 1 の電気接続と、

前記第 2 のシールドを電流源および信号検出器に接続する第 2 の電気接続とをさらに備え、

前記第 1 および第 2 のシールドが、トンネル・バリア層中および自由層中を垂直方向に流れる検知電流に対する電気抵抗を検知する電気リード線を提供し、前記検知電流の流れが前記絶縁層によって前記 M T J センサ・ストライプのまわりに分流するのを妨げられる、請求項 8 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【請求項 14】前記 A F M 層が α -F e₂O₃/N i O から製造される、請求項 8 に記載のディスク・ドライブ・システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に磁気媒体か

ら情報信号を読み取るための磁気トンネル接合変換器に関し、詳細には電気絶縁反強磁性層を有する磁気トンネル接合センサおよびそのようなセンサを組み込んだ磁気記憶システムに関する。

【0002】

【従来の技術】コンピュータは、データを書き込むことができ、かつ後で使用するためにデータを読み取ることができる媒体を有する補助記憶装置を含んでいることが多い。回転する磁気ディスクを組み込んでおり、ディスク表面上にデータを磁気形で記憶する直接アクセス記憶装置（ディスク・ドライブ）が一般に使用される。データは、ディスク表面上の半径方向に離間した同心トラック上に記録される。その場合、読取りセンサを含んでいる磁気ヘッドを使用して、ディスク表面上のトラックからデータを読み取る。

【0003】大容量ディスク・ドライブでは、一般にMRセンサと呼ばれる磁気抵抗（MR）読取りセンサが、薄膜誘導ヘッドよりも大きいトラック密度および線密度でディスクの表面からデータを読み取ることができるため、主流の読取りセンサとなっている。MRセンサは、MR層によって検知された磁束の強度および方向に応じたMR検知層（「MR要素」や「MRエレメント」とも呼ばれる）の抵抗の変化によって磁界を検出する。

【0004】従来のMRセンサは、MR要素の抵抗がMR要素の磁化とMR要素中を流れるセンス電流の方向との間の角度のコサインの二乗に従って変化するという異方性磁気抵抗（AMR）効果に基づいて動作する。記録されたデータは磁気媒体から読み取ることができる。これは、記録された磁気媒体からの外部磁界（信号磁界）によりMR要素の磁化の方向が変化し、その結果MR要素の抵抗が変化し、それに応じて検知された電流または電圧が変化するためである。

【0005】他のタイプのMRセンサはGMR効果を示す巨大磁気抵抗（GMR）センサである。GMRセンサでは、MR検知層の抵抗は、非磁性層（スペーサ）によって分離された磁性層間の伝導電子のスピン依存性移動、およびそれに付随して磁性層と非磁性層の境界および磁性層の内部で起こるスピン依存性散乱に応じて変化する。

【0006】非磁性材料（例えば銅）の層によって分離された強磁性材料（例えばNi-Fe）の2つの層のみを使用したGMRセンサは一般にスピン・バルブ（SV）効果を示すSVセンサと呼ばれる。

【0007】図1に中央領域102によって分離された端部領域104および106を含んでいる従来技術のSVセンサ100を示す。ピン止め層120と呼ばれる第1の強磁性層の磁化は、一般に反強磁性（AFM）層125との交換結合によって固定（ピン止め）される。自由層110と呼ばれる第2の強磁性層の磁化は、固定されず、記録された磁気媒体からの磁界（信号磁界）に

答して自由に回転することができる。自由層110は非磁性、電気伝導スペーサ層115によってピン止め層120から分離される。端部領域104および106中にそれぞれ形成されたハード・バイアス層130および135は、自由層110に縦方向バイアスを提供する。ハード・バイアス層130および135上にそれぞれ形成されたリード線140および145は、SVセンサ100の抵抗を検知する電気接続を提供する。参照により本発明の一部となるディーニー（Dieny）他に付与されたIBMの米国特許第5206590号には、SV効果に基づいて動作するGMRセンサが開示されている。

【0008】現在開発中の他のタイプの磁気デバイスは磁気トンネル接合（MTJ）デバイスである。MTJデバイスはメモリ・セルおよび磁界センサとして応用が可能である。MTJデバイスは、薄い電気絶縁トンネル・バリア層によって分離された2つの強磁性層を含んでいる。トンネル・バリア層は、強磁性層間に電荷担体の量子力学的トンネル効果が起こるほど十分薄い。トンネル効果過程は電子スピン依存性であり、これは接合上のトンネル効果電流が強磁性材料のスピン依存性電子特性に依存し、また2つの強磁性層の磁気モーメントの相対配向、または磁化の方向によって変化することを意味する。MTJセンサでは、一方の強磁性層の磁気モーメントは固定され、他方の強磁性層の磁気モーメントは記録媒体からの外部磁界（信号磁界）に応答して自由に回転することができる。2つの強磁性層間に電位を加えた場合、センサの抵抗は、その強磁性層間の絶縁層上のトンネル効果電流によって変化する。トンネル・バリア層中を垂直方向に流れるトンネル効果電流は2つの強磁性層の相対磁化方向に依存するので、記録されたデータを磁気媒体から読み取ることができる。これは、信号磁界により自由層の磁化の方向が変化し、その結果MTJセンサの抵抗が変化し、それに応じて検知された電流または電圧が変化するためである。参照により全体が本発明の一部となるガラガー（Gallagher）他に付与されたIBMの米国特許第5650958号には、磁気トンネル接合効果に基づいて動作するMTJセンサが開示されている。

【0009】図2に、第1の電極204と第2の電極202とトンネル・バリア層215とを含む従来のMTJセンサ200を示す。第1の電極204はピン止め層（ピン止め強磁性層）220、反強磁性（AFM）層230、およびシード層240を含んでいる。ピン止め層220の磁化はAFM層230との交換結合によって固定される。第2の電極202は自由層（自由強磁性層）210およびキャップ層205を含んでいる。自由層210は非磁性電気絶縁トンネル・バリア層215によってピン止め層220から分離される。外部磁界がない場合、自由層210の磁化は、矢印212で示される方向を向いている、すなわち概して矢印222（矢印の尾部

が紙面を指す)で示されるピン止め層220の磁化方向に対して直角である。第1の電極204および第2の電極202と接触してそれぞれ形成された第1のリード線260および第2のリード線265は、検知電流 I_s が電流源270からMTJセンサ200へ流れるための電気接続を与える。第1のリード線260および第2のリード線265に接続された部分応答最尤(PRML)チャネルなどの記録チャネルを一般に含んでいる信号検出器280は、外部磁界により自由層210中に生じた変化に起因する抵抗の変化を検知する。

【0010】図3に、従来技術のMTJセンサ200の空気ベアリング面に対して直角な断面図を示す。MTJセンサ200はセンサ・ストリップ290を含んでおり、センサ・ストリップ290はABSのところに前縁部291を有し、またABSからトンネル・バリア層215の後縁部によって画定された後縁部292まで延びる。リード線260、265は、検知電流 I_s がトンネル・バリア層215に対して直角な方向に流れるための電気接続を提供する。電気絶縁層250は、センサ・ストリップ290の後縁部292のトンネル・バリア層のまわりに検知電流が分流するのを防ぐ。

【0011】MTJセンサでは、検知電流がトンネル・バリア層に対して直角な方向に流れるので、トンネル・バリア層を除いてリード線層間に配置されたすべての層について適度に高い電気伝導性が必要とされる。これらの層の1つは、強磁性ピン止め層の磁化方向を固定するために使用されるAFM層である。 $Mn-Fe$ は、以前のMTJセンサで使用されていた良好な電気伝導性を有する反強磁性磁石である。しかしながら、 $Mn-Fe$ は、製造工程中の関心事である耐食性が不十分であり、ディスク・ドライブ環境でMTJセンサの長期の安定度を得るためには望ましくない。高い耐食性を有する代替AFM材料は NiO および $\alpha-Fe_2O_3/NiO$ 二重層であるが、これらのAFM材料は電気絶縁性であり、したがって検知電流がリード線間で通常のMTJセンサ構造を有するトンネル・バリア層に対して直角な方向に流れるための経路を与えない。

【0012】ピン止め層の磁化を固定するために使用されるピン止め層に、高い耐食性を有する NiO や $\alpha-Fe_2O_3/NiO$ などの電気絶縁AFM材料を使用することができ、MTJセンサの構造、およびこの構造を有するMTJセンサを製造する方法が必要である。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明の一目的は、電気絶縁AFM層を有する磁気抵抗トンネル接合(MTJ)センサを開示することである。

【0014】本発明の他の目的は、 NiO から製造したAFM層を有するMTJセンサを開示することである。

【0015】本発明の他の目的は、電気絶縁AFM層を使用し、電気リード線の役目もする磁気シールドに電気

的に接触するピン止め層構造を有するMTJセンサを開示することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の原理によれば、概して長方形の形状を有するMTJセンサ・ストライプと、対向する2つの側縁部、すなわちABS表面の後縁部および前縁部とを含むMTJセンサが開示される。センサ・ストライプは、 NiO 、反絶縁強磁性材料のAFM層を含む層のスタックを含んでいる。AFM層上に付着させた強磁性ピン止め層はMTJセンサ・ストライプの後縁部(空気ベアリング面のストライプの前縁部に対向する縁部)の後ろの第1の強磁性シールドと電気接触して、検知電流が電気絶縁AFM層をバイパスするための経路を与える。その場合、検知電流は、ピン止め層からトンネル・バリア層およびMTJセンサ・ストライプの自由層を横断して、MTJセンサの第2の電気リード線の役目をする第2の強磁性シールドまで流れる。

【0017】MTJセンサは、シールド層、AFM層、ピン止め強磁性層、トンネル・バリア層、自由強磁性層、および第1のシールド上に順次に付着させたキャップ層を含んでいる。シールド層およびAFM層を付着させた後、AFM層をセンサ・ストライプの後縁部の先に延びるAFM後縁部を有するようにフォトリソグラフィによって画定する。ピン止め強磁性層をAFM層上、AMF後縁部上および第1のシールドと電気接触する第1のシールド上に付着させる。次いで、トンネル・バリア層、自由層、およびキャップ層を順次に付着させ、フォトリソグラフィによってパターン形成して、MTJセンサ・ストライプを形成する。次いで、電気絶縁層をMTJセンサ領域全体上に付着させる。次いで、MTJセンサ・ストライプを覆っているフォトレジストを除去し、MTJセンサ・ストライプの第2の電極と電気接触する強磁性材料の第2のシールドをMTJセンサ上に付着させる。

【0018】本発明のMTJセンサ構造では、第1および第2の強磁性シールド層は、当技術分野で知られるように漂遊磁界からの磁気遮蔽を行い、またMTJスタックの第1および第2の電極にそれぞれ検知電流を供給するための電気リード線を提供する。この実施形態で使用されるAFM層は電気絶縁性であるので、センサ・ストライプの後縁部の先で第1のシールドとピン止め層とが直接接触することによりMTJセンサの第1の電極への検知電流経路が与えられる。MTJセンサの端部領域およびセンサ・ストライプの後縁部の材料の電気絶縁層は、検知電流の流れが第1のシールドと第2のシールドの間のトンネル・バリア層のまわりに分流するのを防ぐ。

【0019】以下の図面では、同じまたは類似の部品はすべて同じ参照番号で示す。

【0020】

【発明の実施の形態】以下の説明は本発明を実施するための現在考えられる最善の実施形態である。この説明は本発明の一般原理を説明するために行うものであり、本明細書で特許請求する本発明の概念を限定するものではない。

【0021】次に図4および図5を参照すると、本発明を実施するディスク・ドライブ300が示されている。図4および図5に示すように、少なくとも1つの回転可能磁気ディスク312がスピンドル314上に支持され、ディスク・ドライブ・モータ318によって回転する。各ディスク上の磁気記録媒体はディスク312上の同心データ・トラック（図示せず）の環状パターンの形をしている。

【0022】少なくとも1つのスライダ313がディスク312上に位置しており、各スライダ313は1つまたは複数の磁気読取り／書込みヘッド321を支持している。ヘッド321は本発明のMTJセンサを組み込んでいる。ディスクが回転すると、スライダ313はディスク表面322上を半径方向内側および外側に動き、それによりヘッド321は所望のデータが記録されているディスクの異なる部分にアクセスすることができる。各スライダ313はサスペンション315によってアクチュエータ・アーム319に取り付けられる。サスペンション315はディスク表面322に対してスライダ313をバイアスするわずかなばね力を与える。各アクチュエータ・アーム319はアクチュエータ327に取り付けられる。図4および図5に示されるアクチュエータはボイス・コイル・モータ（VCM）のこともある。VCMは固定の磁界中で動くことができるコイルを含んでおり、コイルの動きの方向および速度はコントローラ329によって供給されるモータ電流信号によって制御される。

【0023】ディスク記憶システムの動作中、ディスク312の回転により、スライダ313（ヘッド321を含みかつディスク312の表面に対向するスライダ313の表面を空気ベアリング面（ABS）と呼ぶ）とスライダに上向きの力または揚力を加えるディスク表面322との間に空気ベアリングが生じる。したがって、空気ベアリングは、サスペンション315のわずかなばね力を相殺し、スライダ313を通常動作中に小さい、実質上一定の間隔でディスク表面からわずかに上方に支持する。

【0024】ディスク記憶システムの様々な構成要素は、アクセス制御信号や内部クロック信号など、制御装置329によって生成された制御信号によって動作中に制御される。一般に、制御装置329は論理制御回路、記憶チップ、およびマイクロプロセッサを含んでいる。制御装置329は、線323上の駆動モータ制御信号や、線328上のヘッド位置信号およびシーク制御信号など、様々なシステム動作を制御するための制御信号を

生成する。線328上の制御信号は、スライダ313をディスク312上の所望のデータ・トラックへ最適に動かし、位置決めするための所望の電流プロファイルを与える。記録チャネル325によって読取りおよび書込み信号が読取り／書込みヘッド321との間で伝達される。

【0025】代表的な磁気ディスク記憶システムの上記の説明、および添付の図4および図5は提示のためのものにすぎない。ディスク記憶システムは多数のディスクおよびアクチュエータを含むことができ、各アクチュエータはいくつかのスライダを支持することができることは明らかであろう。

【0026】図5に、MTJ読取りヘッド位置および誘導書込みヘッド位置を含む本発明を実施する読取り／書込みヘッド321の概略断面図を示す。ヘッド321はラップされてABSを形成する。読取りヘッドは、第1のシールド層S1と第2のシールド層S2の間に配置されたMTJセンサ340を含んでいる。第1のシールド層S1と第2のシールド層S2の間でMTJセンサから離れた領域内には絶縁ギャップ層G1が配置されている。書込みヘッドはコイル層Cと絶縁層IN2とを含んでおり、コイル層Cと絶縁層IN2は絶縁層IN1と絶縁層IN3の間に配置されており、絶縁層IN1と絶縁層IN3は第1の極片P1と第2の極片P2の間に配置されている。第1の極片P1と第2の極片P2の間には、ABSに隣接したそれらの極先端部のところに磁気書込みギャップを与えるギャップ層G2が配置されている。図5に示される結合読取り／書込みヘッド321は、読取りヘッドの第2のシールド層S2が書込みヘッド用の第1の極片P1として使用されている「併合（merged）」ヘッドである。

【0027】図6に、本発明の好ましい実施形態によるMTJセンサ400の空気ベアリング面（ABS）の図を示す。MTJセンサ400は、中央領域462によって互いに分離された端部領域464および466を含んでいる。MTJセンサ400の活性領域は中央領域462内に形成されたMTJセンサ・ストライプ403である。MTJセンサ・ストライプ403は、対向する2つの側縁部407、408とABSの前縁部491に対向する後縁部（図示せず）とを有する概して長方形形状を有する。MTJセンサ・ストライプ403は第1の電極404、第2の電極402、および第1の電極404と第2の電極402の間に配置されたトンネル・バリア層415を含んでいる。第1の電極404はピン止め層420、AFM層430およびシード層440を含んでおり、ピン止め層420はトンネル・バリア層415とAFM層430の間に配置されており、AFM層430はピン止め層420とシード層440の間に配置されている。第2の電極402は自由層410およびキャップ層405を含んでおり、自由層410はトンネル・バリア

層415とキャップ層405の間に配置されている。

【0028】AFM層430はピン止め層420に交換結合され、ABSに対して直角なピン止め層420の磁化方向を固定する交換磁界を与える。自由層410の磁化はABSに対して平行に配向し、信号磁界が存在する場合に自由に回転することができる。

【0029】本発明の好ましい実施形態では、MTJセンサ・ストライプ403は第1のシールド(S1)460上の中央領域462内に形成される。第1のシールド460は、Ni-Fe(パーマロイ)、あるいはAl-Fe-Si(センダスト)などの軟強磁性材料の層であり、中央領域462および端部領域464および466上に延びて、MTJセンサを漂遊磁界から磁気遮蔽する。端部領域464および466内およびMTJセンサ・ストライプ403の後縁部の後ろにはAl₂O₃などの電気絶縁材料の絶縁層450が形成される。絶縁層450上の端部領域内464および466上、およびMTJセンサ・ストライプ403上の中央領域462内にはNi-Fe、あるいはAl-Fe-Siなどの軟強磁性材料の第2のシールド(S2)461が形成される。

【0030】図7にABSに対して直角なMTJセンサ400の断面図を示す。MTJセンサ・ストライプ403はABSのところに前縁部491を有し、前縁部491はABSからトンネル・バリア層415の後縁部によって画定される後縁部492まで延びる。本発明のMTJセンサ内のAFM層は電気絶縁材料から形成されるので、検知電流がAFM層430をバイパスしてトンネル・バリア層415に対して直角な方向に流れるための経路を与える必要がある。検知電流が流れるための経路は、AFM層430をパターン形成して、AFM後縁部494をMTJセンサ・ストライプの後縁部492よりもかなりさらにABSから離れて画定し、次いで強磁性ピン止め層420をAFM層430上および第1のシールド460の露出領域上にAFM後縁部494よりもさらにABSから離れて付着させることによって形成される。AFM後縁部494はABSから10~50マイクロメートル離れた範囲内に入るようにパターン形成できるが、MTJセンサ・ストライプ後縁部492はABSから約0.5マイクロメートルしか離れていない。この構造は、検知電流I_sが第1のシールド460からピン止め層420の平面に入り、それに沿って流れ、トンネル・バリア層415および自由層410を横断して第2のシールド461まで流れるための経路を与える。ピン止め層420上のMTJセンサ・ストライプ後縁部492の先に付着させた絶縁層450は、第1のシールド460と第2のシールド461とを電気絶縁させ、検知電流がMTJセンサ・ストライプ403のまわりに分流するのを防ぐ。検知電流はピン止め層420の平面内を流れるので、その磁界を使用すれば自由層410内の安定な磁気状態を達成することができる。

【0031】再び図6を参照すると、第1のシールド460および第2のシールド461は、検知電流I_sが電流源470からMTJセンサ・ストライプ403まで流れるための電気接続を与える。シールド460および461に電気的に接続された信号検出器480は、外部磁界(例えばディスク上に記憶されたデータ・ビットによって生じた磁界)により自由層410中に生じた変化に起因する抵抗の変化を検出する。外部磁界は、ABSに対して好ましくは直角に固定されたピン止め層420の磁化方向に対して自由層410の磁化方向を回転させる働きをする。信号検出器480は、当業者に知られている部分応答最尤(PRML)チャネルなどのデジタル記録チャネルや、ピーク検出チャネルまたは最尤チャネルなどのよく知られている他のタイプの記録チャネルを含んでいることが好ましい。信号検出器480はまた、当業者に知られている検知された抵抗変化を調整するための(センサとチャネルの間に電気的に配置された)前置増幅器などの他の支持回路を含んでいる。

【0032】MTJセンサ400は、図6および図7に示される多層構造を順次に付着させるマグネトロン・スパッタリングまたはイオン・ビーム・スパッタリング・システムで製造することができる。約5000~10000Åの厚さを有するNi-Fe(パーマロイ)の第1のシールド(S1)460は基板401上に付着させる。シード層440、AFM層430、ピン止め層420、トンネル・バリア層415、自由層410、およびキャップ層405は、すべての強磁性層の層化容易軸を配向させるために約400eの縦方向または横方向磁界の存在下で第1のシールド460上に順次に付着させる。シード層440は、後続の層の結晶学的組織または結晶粒度を変更するために付着させる層であり、後続の層の材料によっては必要でないこともある。シード層を使用する場合は、約30~50Åの厚さを有するタンタル(Ta)、ジルコニウム(Zr)、ニッケル鉄(Ni-Fe)、またはAl₂O₃から形成することができる。約100~400Åの厚さを有するNiOから形成されたAFM層430は、酸素を含む反応ガスの存在下でニッケル・ターゲットをスパッタすることによってシード層440上に付着させる。AFM層430は、フォトリソグラフィによってAFM後縁部494を画定することによってパターン形成される。強磁性ピン止め層420は、AFM層430上およびAFM後縁部494のパターン形成によって露出した第1のシールド460の領域上に付着させる。ピン止め層420は、約20~50Åの厚さを有するNi-Feから形成することができ、あるいは約20~50Åの厚さを有するNi-Feのサブ層およびNi-Feサブ層上に付着させた約5Åの厚さを有するCoのインタフェース層から形成することができる。トンネル・バリア層415は、ピン止め層420上に8~20Åのアルミニウム(Al)層を付着し、次

いでプラズマ酸化させることによって Al_2O_3 から形成される。強磁性自由層410は、約20~50Åの厚さを有するNi-Feから形成することができ、あるいはトンネル・バリア層415上に付着させた約5Åの厚さを有するCoのインタフェース層およびCoインタフェース層上に付着させた約20~50Åの厚さを有するNi-Feのサブ層から形成することができる。約50Åの厚さを有するTaから形成されたキャップ層405は自由層410上に付着させる。キャップ層405上にはフォトレジストを付着させ、当技術分野でよく知られているフォトリソグラフィ方法およびイオン・ミリング方法を使用して、MTJセンサ・ストライプ403の後縁部492および中央領域462を画定することができる。

【0033】ここでピン止め層420の露出した部分上のMTJストライプ後縁部492の後ろの領域内および第1のシールド(S1)460上の端部領域464、466内に絶縁層450を付着することができる。絶縁層450は、中央領域462内にMTJセンサ活性層の全厚さにほぼ等しい厚さを有するアルミニウム(A1)層を付着し、次いでプラズマ酸化させることによって Al_2O_3 から形成される。次いで、MTJセンサ・ストライプ403を保護するフォトレジストを除去し、約5000~10000Åの厚さを有するNi-Fe(パーマロイ)の第2のシールド461を露出したMTJセンサ・ストライプ403上および絶縁層450上に付着させる。

【0034】第2のシールド461は第2の電極402に電気接触する。自由強磁性層410は、自由層410と第2のシールド461との磁気結合を破壊するために薄いキャップ層405によって第2のシールド461から分離される。

【0035】図8に本発明の他の実施形態によるMTJセンサ500のABSの図を示す。この実施形態と図6および図7に示される実施形態との唯一の差異は、シールド層440およびAFM層430が第1のシールド(S1)460上の端部領域464および466内ならびに中央領域462内に延びていることである。AFM層430はNiOなどの電気絶縁AFM材料から製造されるので、端部領域464、466内のAFM層430は第1のシールド(S1)460と第2のシールド(S2)461とを電氣的に絶縁し、絶縁層450とともにS1とS2との電氣的短絡を防ぐ。MTJセンサの後縁部の構造、および検知電流経路を与えるためにピン止め層420を第1のシールド(S1)460に電気接触させる方法は、好ましい実施形態について図7に示されるものと同じであるか、あるいは図9に示される電気接触の構造および方法とすることができる。

【0036】図9に本発明の他の実施形態によるABSに対して直角なMTJセンサ510の断面を示す。この

実施形態では、第1のシールド(S1)上に付着させたシールド層440およびAFM層430は第1のシールド(S1)上でABSから離れて延びる。AFM層430は電気絶縁材料から形成されているので、検知電流 I_s がAFM層430をバイパスしてトンネル・バリア層415に対して直角な方向に流れるための経路を与える必要がある。検知電流が流れるための経路は、AFM層430上にピン止め層420を付着する前にAFM層430中に開口(バイア)496を形成することによって作成される。バイア496は、当技術分野でよく知られている方法を使用して、AFM層430の領域内にMTJセンサ・ストライプ後縁部492よりもさらにABSから離れて形成される。ピン止め層420はAFM層430上およびAFM層430中にバイア496によって露出した第1のシールド(S1)460の領域上に付着させる。ピン止め層420はバイア496を介して第1のシールド(S1)460に電気接触し、検知電流 I_s が第1のシールド(S1)460からピン止め層の平面内に入り、それに沿って流れ、トンネル・バリア層415および自由層410を横断して第2のシールド(S2)461に至るための経路を与える。ピン止め層420上のMTJストライプ後縁部492の先に付着させた絶縁層450は、第1のシールド(S1)460と第2のシールド(S2)461とを電氣的に絶縁させ、検知電流がMTJセンサ・ストライプ403のまわりに分流するのを防ぐ。

【0037】別法として、本発明によるMTJセンサ400を製造するためにAFM層430を $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{NiO}$ 二重層から作成することもできる。

【0038】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0039】(1)基板と、基板上に形成された強磁性材料の第1のシールド(S1)と、前記第1のシールド上に形成され、概して長方形形状を有し、対向する2つの側縁部、すなわち後縁部および前縁部を有し、電気絶縁反強磁性材料の反強磁性(AFM)層、前記AFM層と接触し、前記第1のシールドと電気接触する強磁性材料のピン止め層、強磁性材料の自由層、および前記ピン止め層と前記自由層の間に配置された電気絶縁材料のトンネル接合層を含む磁気トンネル接合(MTJ)センサ・ストライプと、前記MTJセンサ・ストライプ上に形成され、それと接触する強磁性材料の第2のシールド(S2)と、第1のシールド上の前記MTJセンサ・ストライプの対向する側面、および前記ピン止め層上の前記MTJセンサ・ストライプの後縁部の先に形成され、前記第1のシールドおよび前記ピン止め層を前記第2のシールドから分離する絶縁層とを備える磁気トンネル接合(MTJ)センサ。

(2)前記AFM層がNiOから製造される、上記

(1)に記載のMTJセンサ。

(3) 前記絶縁層が Al_2O_3 から製造される、上記 (1) に記載の MTJ センサ。
 (4) 前記第 1 のシールドが $Ni-Fe$ から製造される、上記 (1) に記載の MTJ センサ。
 (5) 前記第 2 のシールドが $Ni-Fe$ から製造される、上記 (1) に記載の MTJ センサ。
 (6) 信号検出器と、検出電流を供給する電流源と、前記第 1 のシールドを電流源および信号検出器に接続する第 1 の電気接続と、前記第 2 のシールドを電流源および信号検出器に接続する第 2 の電気接続とをさらに備え、前記第 1 および第 2 のシールドが、トンネル・バリア層中および自由層中を垂直方向に流れる検知電流に対する電気抵抗を検知する電気リード線を提供し、前記検知電流の流れが前記絶縁層によって前記 MTJ センサ・ストライプのまわりに分流するのを妨げられる、上記 (1) に記載の MTJ センサ。
 (7) 前記 AFM 層が $\alpha-Fe_2O_3/NiO$ から製造される、上記 (1) に記載の MTJ センサ。
 (8) 磁気記録ディスクと、前記磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータを検知する磁気トンネル接合 (MTJ) センサであって、基板と、基板上に形成された強磁性材料の第 1 のシールド (S1) と、前記第 1 のシールド上に形成され、概して長方形の形状を有し、対向する 2 つの側縁部、すなわち後縁部および前縁部を有し、電気絶縁反強磁性材料の反強磁性 (AFM) 層、前記 AFM 層と接触し、前記第 1 のシールドと電気接触する強磁性材料のピン止め層、強磁性材料の自由層、および前記ピン止め層と前記自由層の間に配置された電気絶縁材料のトンネル接合層を含む磁気トンネル接合 (MTJ) センサ・ストライプと、前記 MTJ センサ・ストライプ上に形成され、それと接触する強磁性材料の第 2 のシールド (S2) と、第 1 のシールド上の前記 MTJ センサ・ストライプの対向する側面、および前記ピン止め層上の前記 MTJ センサ・ストライプの後縁部の先に形成され、前記第 1 のシールドおよび前記ピン止め層を前記第 2 のシールドから分離する絶縁層とを含む MTJ センサと、MTJ センサが磁気記録ディスク上に磁気的に記録されたデータの異なる領域にアクセスできるように前記 MTJ センサを磁気記録ディスク上で動かすアクチュエータと、MTJ センサに電氣的に結合され、磁気的に記録されたデータからの磁界に応答してピン止め層の固定磁化に対する自由強磁性層の磁化軸の回転によって生じた MTJ センサの抵抗の変化を検出する記録チャネルとを備えるディスク・ドライブ・システム。
 (9) 前記 AFM 層が NiO から製造される、上記 (8) に記載のディスク・ドライブ・システム。
 (10) 前記絶縁層が Al_2O_3 から製造される、上記 (8) に記載のディスク・ドライブ・システム。
 (11) 前記第 1 のシールドが $Ni-Fe$ から製造される、上記 (8) に記載のディスク・ドライブ・システ

ム。
 (12) 前記第 2 のシールドが $Ni-Fe$ から製造される、上記 (8) に記載のディスク・ドライブ・システム。
 (13) 信号検出器と、検出電流を供給する電流源と、前記第 1 のシールドを電流源および信号検出器に接続する第 1 の電気接続と、前記第 2 のシールドを電流源および信号検出器に接続する第 2 の電気接続とをさらに備え、前記第 1 および第 2 のシールドが、トンネル・バリア層中および自由層中を垂直方向に流れる検知電流に対する電気抵抗を検知する電気リード線を提供し、前記検知電流の流れが前記絶縁層によって前記 MTJ センサ・ストライプのまわりに分流するのを妨げられる、上記 (8) に記載のディスク・ドライブ・システム。
 (14) 前記 AFM 層が $\alpha-Fe_2O_3/NiO$ から製造される、上記 (8) に記載のディスク・ドライブ・システム。
 【図面の簡単な説明】
 【図 1】従来技術の SV センサの空気ベアリング面の図である (縮尺は一定でない)。
 【図 2】従来技術の磁気トンネル接合センサの空気ベアリング面の図である (縮尺は一定でない)。
 【図 3】従来技術の磁気トンネル接合センサの空気ベアリング面に対して直角な断面図である (縮尺は一定でない)。
 【図 4】磁気記録ディスク・ドライブ・システムの簡略化した図である。
 【図 5】シールド間にあり誘導書込みヘッドに隣接する MTJ 読取りヘッドを有する誘導書込み/MTJ 読取りヘッドの垂直断面図である (縮尺は一定でない)。
 【図 6】本発明の磁気トンネル接合センサの一実施形態の空気ベアリング面の図である (縮尺は一定でない)。
 【図 7】本発明の磁気トンネル接合センサの空気ベアリング面に対して直角な断面図である (縮尺は一定でない)。
 【図 8】本発明の磁気トンネル接合センサの他の実施形態の空気ベアリング面の図である (縮尺は一定でない)。
 【図 9】本発明の磁気トンネル接合センサの他の実施形態の空気ベアリング面に対して直角な断面図である (縮尺は一定でない)。
 【符号の説明】
 400 MTJ センサ
 402 第 2 の電極
 404 第 1 の電極
 403 MTJ センサ・ストライプ
 405 キャップ層
 407 側縁部
 408 側縁部
 410 自由層

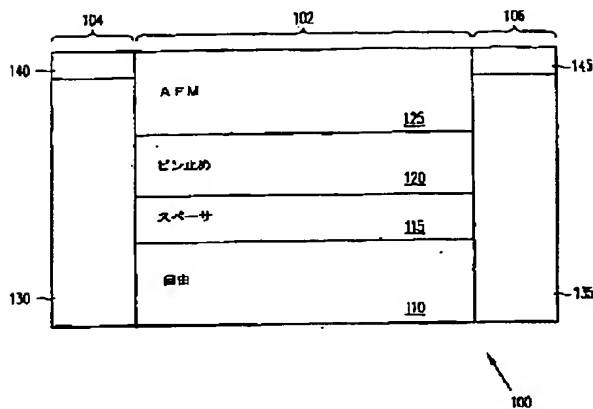
15

16

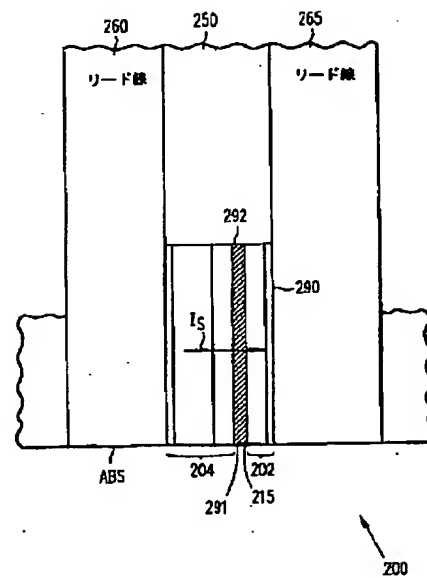
415 トンネル・バリア層
 420 ピン止め層
 430 AFM層
 440 シード層
 450 絶縁層
 460 第1のシールド(S1)
 461 第2のシールド(S2)
 462 中央領域
 464 端部領域
 466 端部領域

470 電流源
 480 信号検出器
 491 前縁部
 492 後縁部
 494 AFM後縁部
 496 バイア
 S1 第1のシールド
 S2 第2のシールド
 I_s 検知電流

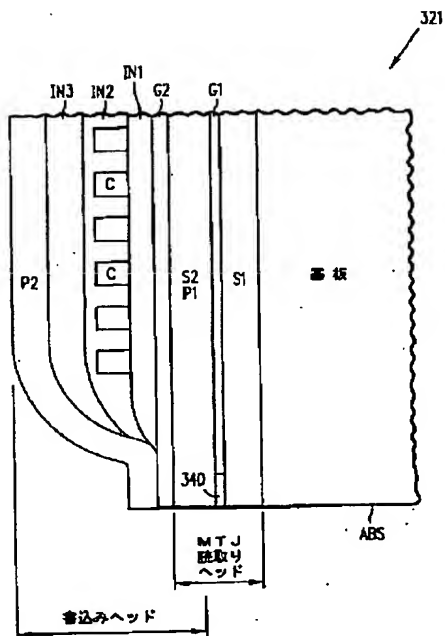
【図1】



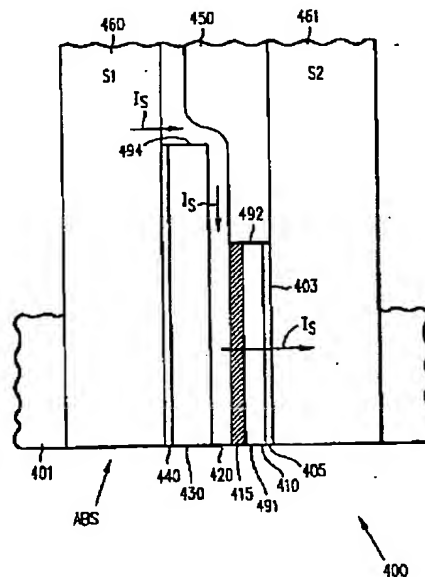
【図3】



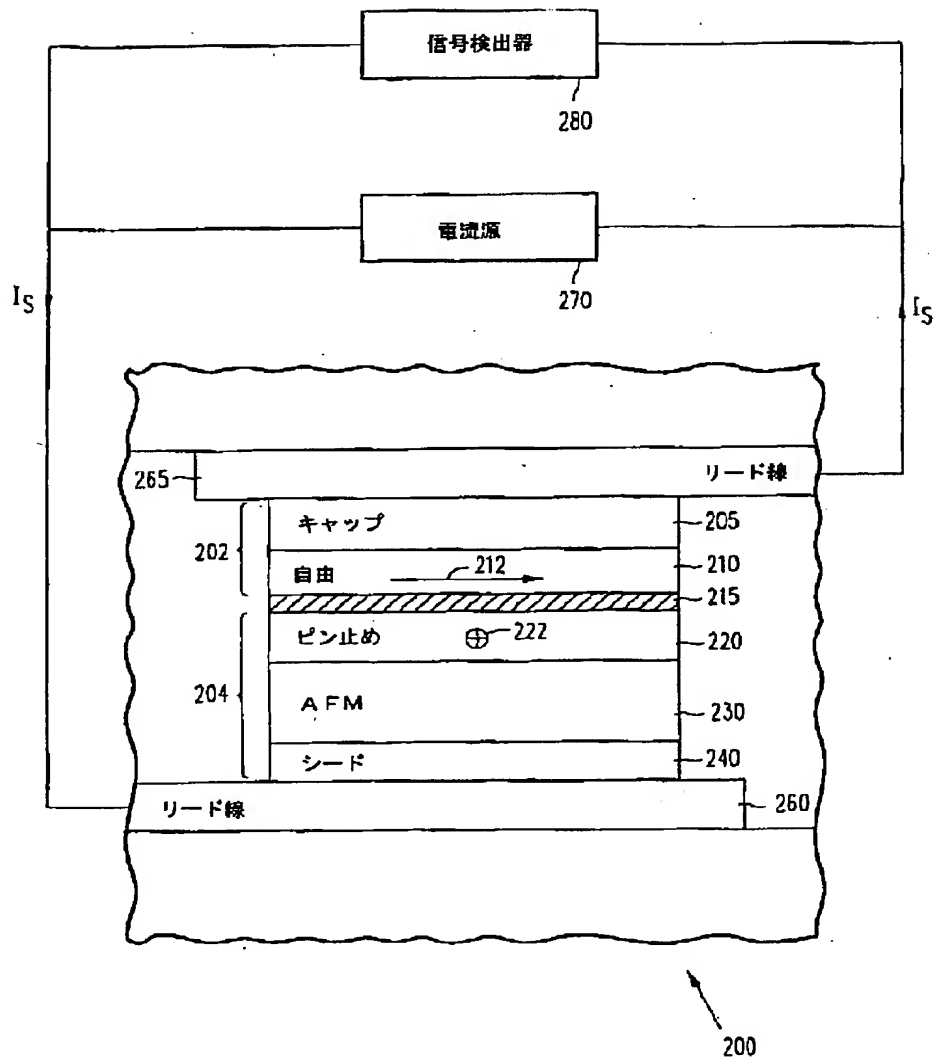
【図5】



【図7】



【図2】



300

制御装置 329

データ記録チャネル 325

VCM 327

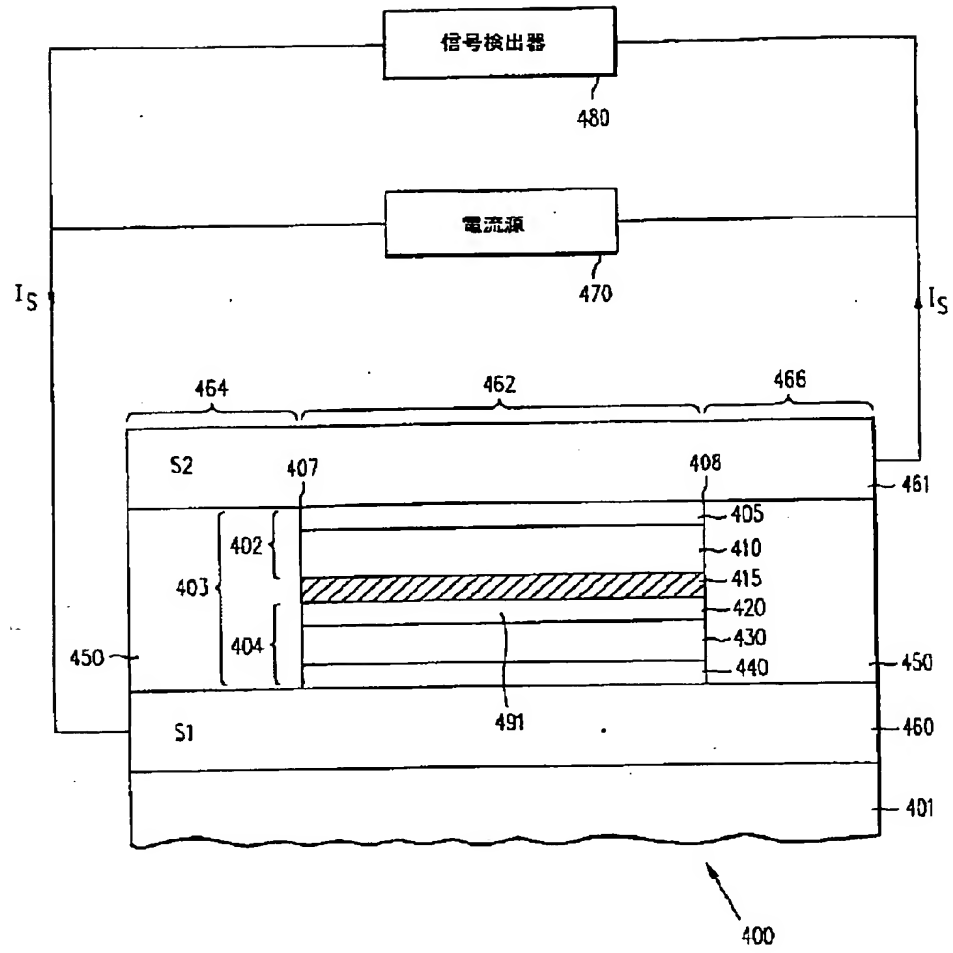
駆動モータ 318

位置制御 328

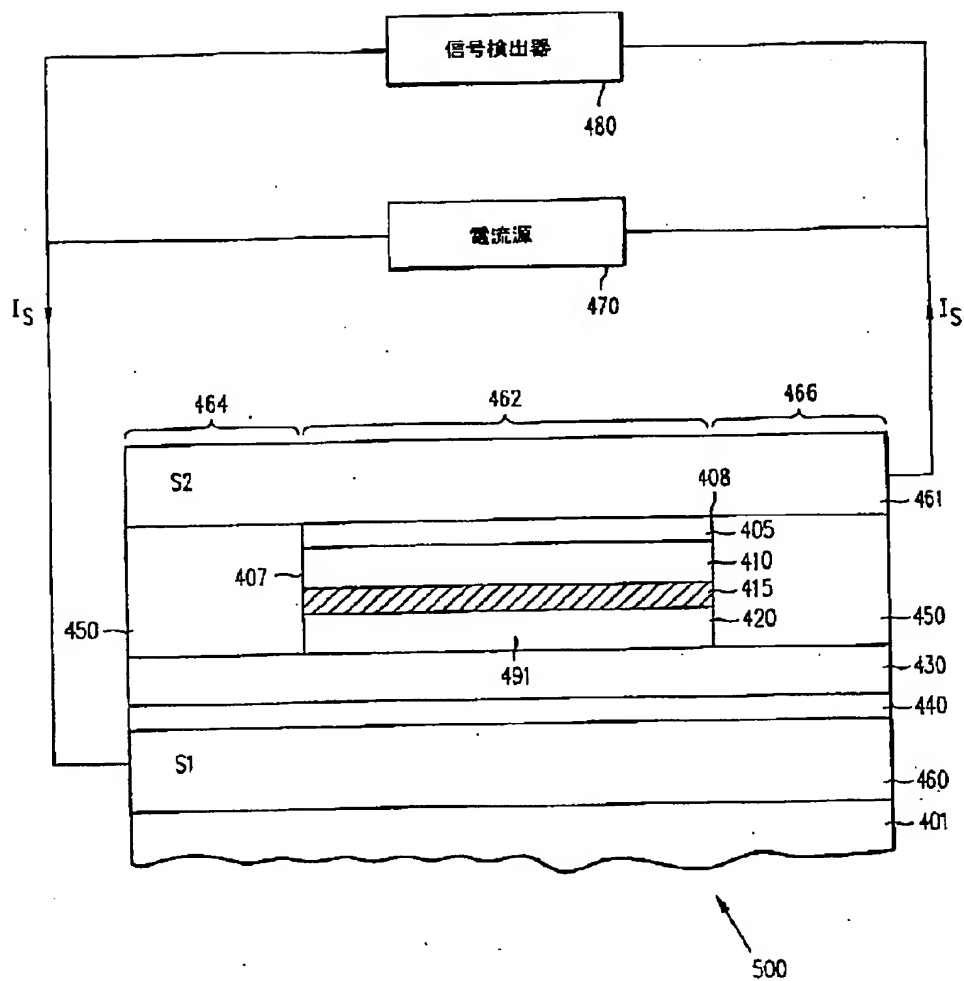
モータ制御 323

313 321 319 315 312 314

【図 6】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 ハルダヤル・シン・ギル
 アメリカ合衆国94028 カリフォルニア州
 ポートラ・バレー グローブ・ドライブ
 10

(72)発明者 ダグラス・ジョンソン・ワーナー
 アメリカ合衆国94539 カリフォルニア州
 フレモント フェスティヴォ・コート
 593